



Campbell 2 of 2
101-24

*A gift from Sr. Gastaldi
Turin April 9. 1877
J. P. Campbell*

APPUNTI

SULLA

MEMORIA DEL SIG. G. GEIKIE F. R. S. E

On changes of climate during the glacial epoch

NOTA

DI

B. GASTALDI



TORINO

STAMPERIA REALI

1873.

APPUNTI

SULLA

MEMORIA DEL SIG. G. GEIKIE F. R. S. E.

On changes of climate during the glacial epoch.

NOTA

DI

B. GASTALDI



TORINO

STAMPERIA REALE

1873.

Estr. dagli *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, Vol. VIII.
Adunanza del 20 Aprile 1873.

APPUNTI

SULLA MEMORIA DEL Sig. G. GEIKIE F. R. S. E.

On changes of climate during the glacial epoch.

NOTA

DI B. GASTALDI

Anni sono il compianto sig. MORLOT mi scriveva per annunziarmi che egli aveva trovato in Svizzera tracce di due ben distinte epoche glaciali, e mi chiedeva se mi fosse accaduto di osservare lo stesso fatto in Piemonte. A tale dimanda io allora rispondeva negativamente, nè altrimenti potrei rispondere se mi venisse fatta oggidì.

Nella valle del Po il *diluvium* forma un orizzonte di una regolarità grandissima, e su di esso, allo sbocco delle principali valli posano e si distendono, delineate con singolare precisione, le colline di origine glaciale che racchiudono gli anfiteatri morenici. La base esterna di quelle colline traccia il perimetro della regione entro la quale sono confinati i massi erratici, ed io ignoro che negli scavi eseguiti lungo la gran zona di terreno diluviale che si estende sulla sinistra del Po siasi mai incontrato, a profondità maggiore o minore alcun masso erratico il

quale possa testimoniare in favore di una estensione dei ghiacciai oltre ai limiti delle antiche morene.

Vi hanno bensì nell'interno dell'anfiteatro d'Ivrea i resti di un cerchio morenico, per mole di molto inferiore allo esterno, dal quale in alcuni punti dista di parecchi chilometri, ma chi sa dire se quel cerchio morenico — la piccola Serra e la corrispondente collinetta di Romano — segni una ridiscesa del ghiacciaio già prima ritiratosi nell'interno della valle anzichè un ultimo stadio del di lui continuato regresso?

Vi sono, è vero, i trovanti sparsi in abbondanza sulla catena di colline — Moncalieri, Superga, Valenza — la quale per lungo tratto non dista dalle alpi che da 20 a 30 chilometri. Parlando di questi trovanti gli autori del *Précis sur les terrains superficiels de la vallée du Po* pubblicato negli atti della Società geologica di Francia sin dal 1850 li ritennero per massi erratici trasportati dai ghiacciai alpini nell'epoca della massima loro estensione. Ulteriori osservazioni però mi convinsero — e questa mia convinzione feci pubblica (1) — che quei trovanti provengono dalla demolizione dei sottostanti strati di conglomerato dell'epoca miocenica, ed oggidì è noto che quei trovanti non si incontrano solo lungo il tratto di colline che fronteggia le alpi, ma su tutta l'area estesissima — Piemonte, Liguria, Emilia, Calabria — occupata da quei conglomerati (2).

(1) Frammenti di Geologia del Piemonte. — Sugli elementi che compongono i conglomerati miocenici del Piemonte. Mem. della R. A. delle Scienze di Torino. Ser. II, Tom. XX. Vedi anche Lyell Principles of Geology, Vol. I, pag. 204.

(2) Questi conglomerati per la estensione che occupano, per la potenza che hanno, pel volume dei massi che racchiudono, costituiscono un fatto geologico della più alta importanza. Nella Me-

In Piemonte adunque non possiamo ammettere la esistenza di due epoche o periodi glaciali: 1° perchè sull'estesissimo e regolarissimo fondo della valle del Po, all'infuori degli anfiteatri morenici non troviamo più massi erratici sparsi sul suolo, nè ci consta che se ne siano trovati a più o men grande profondità; 2° perchè il *diluvium* che si estende a valle ed all'intorno degli anfiteatri morenici è un deposito eminentemente torrenziale e non glaciale; 3° perchè sappiamo che i massi superficiali delle colline — Moncalieri, Superga, Valenza — appartengono ad un'epoca glaciale ben più remota.

Nel suo bellissimo libro *Die Urwelt der Schweiz* di recente pubblicazione il professore O. HEER riprese a trattare la questione delle due epoche glaciali o per meglio dire dei due distinti stadii di quell'epoca quali si manifestano in Svizzera. Egli trovò che le ligniti di Utnach e Mörschweil nel cantone di S. Gall sono intercalate fra due strati di origine glaciale, sono in altri termini depositi *interglaciali*. Lo studio dei vegetali di cui sono formate quelle ligniti lo autorizzano a credere che all'epoca in cui si formarono regnava in Svizzera un clima non dissimile da quello di oggi e notando che quelle ligniti hanno grossezze di 2, di 5 e fin di 20 piedi egli ne trae la conseguenza che corsero non meno di 6000 anni per la loro formazione. Conchiude

moria sopra citata io non ho dato di loro che un cenno ben leggero; voglio quindi sperare che geologi più giovani di me se ne occuperanno e li faranno conoscere meglio di quanto io abbia potuto fare; nè dubito che si arriverà alla conclusione cui io giunsi, vale a dire, alla esistenza di un periodo glaciale durante l'epoca del miocene inferiore.

in ultimo che in Svizzera vi fu un'epoca di massima estensione dei ghiacciai ai quali son dovuti i depositi formanti la base delle citate ligniti; che poscia i ghiacciai si ritirarono di tanto da permettere che il clima divenisse più mite e rigogliosamente vegetassero le piante che concorsero a formare quelle ligniti; che successe una nuova recrudescenza di clima per cui i ghiacciai nuovamente si estesero a segno da coprire coi loro relitti le ligniti precedentemente formatesi.

Sul principio dello scorso anno (1872) il sig. G. GEIKIE, ispettore distrettuale del Geological Survey di Scozia, pubblicò nel Geological Magazine, una Memoria *Sui cambiamenti di clima avvenuti durante l'epoca glaciale* (1). Di questo suo interessantissimo lavoro egli dedica tutto intero il capitolo VI ai depositi glaciali della Svizzera, e dell'Italia, nel quale, esagerando la importanza dei depositi interglaciali della Svizzera, e volendo cercare in Italia depositi equivalenti, credette di poterli trovare negli strati pliocenici; il nostro terreno pliocenico diviene quindi pel sig. GEIKIE un *deposito interglaciale*. Pei geologi italiani l'opinione da lui emessa riesce così chiaramente erronea che non richiederebbe forse di essere confutata; essendo tuttavia l'argomento troppo importante per la geologia del nostro paese, credo conveniente fare qualche appunto allo scritto del sig. GEIKIE, anche per cogliere il destro, di esporre alcune nuove osservazioni intorno ai depositi erratico-diluviali del Piemonte.

(1) *On changes of climate during the glacial epoch by James Geikie F. R. S. E. District surveyor of the Geological Survey of Scotland — Geological Magazine, Vol. VIII, and. IX.* Tutte le volte che avrò occasione di citare questa Memoria mi riferisco alla paginazione delle copie a parte.

Il terreno pliocenico non è un deposito interglaciale; i depositi interglaciali scoperti in Svizzera non costituiscono un terreno.

In quel suo capitolo VI il sig. GEIKIE dice: « Every glacialist knows that where the Dora Baltea issues from the Val d'Aosta to enter upon the plains of Piedmont, there occurs a moraine of gigantic proportions. This moraine is not only remarkable for its great size, but for the proof it affords that the mighty glacier to which it owes its origin must have crept over the surface of loose incoherent deposits of gravel and sand without materially denuding them. The section of moraine and underlying deposits is given by MM. MARTINS and GASTALDI (1) as follows

3. Terrain morainique.

2. Diluvium alpin.

1. Sables pliocènes marins.

« The upper deposit (N° 3) is chiefly noteworthy for its enormous thickness; in other respects it exactly resembles the moraine of the Swiss alps. The bed (N° 2) also answers precisely to the alpine diluvium described by MORLOT and others. It is quite destitute of fossils, and appears to be composed of more or less rounded stones, irregularly stratified. The stones have been derived from the alps, for they not only consist of fragments of well-known alpine rocks, but are also obser-

(1) Bull. de la Soc. Géol. de France, Tom. VII, 2^{me} série, p. 554.

» ved to become smaller and smaller the farther the deposit receds from the mountains; none of them are scratched, and no angular blocs occur among them. » Towards the upper surface of the diluvium, however, » true erratic blocks begin to appear, and that deposit » then assumes the aspect of a *moraine profonde*.

» The underlying sables pliocènes marins contain a » number of fossils, of which the following are said to » be characteristic: *Panopœa Faujasii*, *Pecten jacobæus*, *P. » maximus*, *Arca Noe*, *Murex saxatilis*, *M. brandaris*, *Nassa » conglobata*, *N. prismatica*, *Natica mille-punctata*, *Ranella » levigata* (1). This list I submitted to my friend Mr. Etheridge, who has kindly furnished me with the following » notes:

» *Panopœa Faujasii* (Menard.) occurs in our coralline » crag and red crag, and is living in the seas of Sicily.

» *Pecten jacobæus* not known fossil in British strata; a » Mediterranean shell.

» *Pecten maximus* (Linn.) cor. crag and red crag; drift; » living in British seas, north seas and Mediterranean.

» *Arca Noe* (Mont.) *A. tetragona* (Poli.) cor. crag and red » crag; living in Scandinavian and British seas, and Mediterranean.

» *Murex saxatilis*, subapennine shell; not known in Britain; living in Mediterranean.

» *Murex brandaris*, *M. triacanthus* (Gmelin); miocene » shell; said to be living in Mediterranean.

» *Nassa conglobata* (Brocc.) occurs in red crag, extremely

(1) For recent notes on these « pliocene » deposits, see « *Studi geologici sulle Alpi Occidentali* ». Mem. del R. Comit. Geol. d'Ital. Vol. 1, 1871.

▪ rare; a miocene and subappennine species; not known
 » in our drift; extinct.

▪ *Nassa prismatica* (Brocc.) cor. crag and red crag; lives
 » in the Mediterranean; not glacial, nor in any drift.

▪ *Natica millepunctata* (Lamk.), miocene shell; lives in
 » the Mediterranean.

▪ *Ranella levigata* (Lamk.) *R. marginata* (Sow.), miocene: (?)
 » living; much confusion about this shell.

▪ Resting upon the marine sands which contain the
 » above fossils, occurs here and there an ancient allu-
 » vium, believed by MARTINS and GASTALDI to be of older
 » date than the alpine diluvium. This deposit has yielded
 » remains of the mastodon, the rhinoceros, the hippo-
 » potamus, etc. along with shells of such genera as *Helix*,
 » *Paludina*, and *Clausilia*.

▪ It is noteworthy that in the paper to which I am
 » indebted for these details, the authors correlate this
 » section with that at Dürnten, and are clearly of opinion
 » that the italian-alluvium with bones — is the equi-
 » valent of the slate-coal of Switzerland. But at the
 » time their paper was written the interglacial character
 » of the Dürnten beds had not been ascertained. It is
 » therefore possible that the opinion formerly held by
 » these geologist may have undergone some change since
 » that discovery was announced; for, according to them,
 » the marine sand and freshwater alluvium of the plains
 » of Piedmont are of pliocene age, and there fore pre-
 » glacial. In a recent Memoir (referred to in a note below)
 » GASTALDI takes no notice of the Dürnten interglacial
 » beds, and continues in describe the italian deposits as
 » belonging to the pliocene. Yet I think there are strong
 » grounds for believing that the correlation of the italian

» and swiss deposits, which he and MARTINS formerly
 » made, need not be abandoned, even although the
 » Dürnten lignite has since proved to be of interglacial
 » age. Many considerations lead to the inference that the
 » so — called pliocene strata of the plains of Piedmont
 » do really belong to the latter date — at all events, that
 » they are not preglacial ».

Se dovessimo oggi pubblicare lo scritto cui allude il sig. GEIKIE (*Précis sur les terrains superficiels de la vallée du Po*), lascieremmo probabilmente a riscontro ed allo stesso livello le ligniti di Dürnten e le così dette alluvioni plioceniche del Piemonte; e quantunque tale questione riguardi più specialmente il dotto mio collaboratore, giacchè io ho il torto di non conoscere la Svizzera, tuttavia non perito punto di fare tale dichiarazione anche a nome del sig. C. MARTINS.

Non è qui il caso di discutere l'opinione emessa dal sig. HEER in ordine al posto che occupano le ligniti recenti della Svizzera. Quando in un paese a me sconosciuto, è stato studiato un fatto geologico da persona competente, non può venirmi in pensiero di controllare le conclusioni cui essa giunse, o di respingerle per cercarne altre affatto opposte. In ordine alla posizione delle alluvioni plioceniche del Piemonte, le quali racchiudono tanti scheletri di proboscidei e di altri grossi pachidermi, per me che le ho attentamente studiate, non vi può essere dubbio; esse sono *preglaciali*.

Il sig. HEER si occupò dei depositi *interglaciali* della Svizzera e pubblicò i risultamenti de' suoi studii senza preoccuparsi di quanto si osserva relativamente allo stesso argomento sul pendio meridionale delle Alpi; dichiarò anzi nel suo libro, che le rare citazioni da lui

fatte relative al terreno erratico della valle del Po le tolse esclusivamente dai lavori del sig. DE MORTILLET.

All'epoca in cui diedi alla stampa i miei *Studii geologici sulle Alpi occidentali*, io non conosceva l'opera del sig. HEER e quand'anche l'avessi conosciuta non era il caso che in quel mio scritto io mi soffermassi a trattare la questione dei *depositi interglaciali* della Svizzera, avendo dichiarato che non intendeva occuparmi dei terreni postpliocenici (1), e certamente allora io non poteva supporre che il signor GEIKIE dovesse spostare i nostri strati pliocenici sino ad elevarli al livello di *depositi interglaciali* e fors'anche di più recente data — *or still more recent times* (2).

Il pliocene è uno dei terreni meglio conosciuti, vuoi dal lato della sua estensione, vuoi da quello della natura delle sue rocce, vuoi da quello della sua fauna. Esso è parte grandissima del nostro paese, poichè riveste di manto continuo, ma qua e là sdruscito tutta la porzione della nostra penisola che si trova ad un livello inferiore ai 300 metri. Quel terreno fu diligentemente studiato, massime dai geologi italiani a cominciare dal BROCCHI sino a quelli tuttavia viventi. A parecchie riprese mutò di nome; chiamato Subapennino dal BROCCHI, ricevette da sir C. LYELL l'appellativo di *pliocene*, che fu universalmente adottato sino al giorno d'oggi in cui per quella benedetta smania di suddivisioni e di nuovi nomi lo si chiama Astiano, Piacenzano, Zancleano, ecc., ecc. Ma se cangiò nome non cangiò mai di posizione, ed in ordine alla cronologia dei terreni fu sempre il *pliocene*, vale a dire un *deposito preglaciale*. Le note del sig. ETHERIDGE sui fossili trovati nelle sabbie marine dell'anfiteatro morenico di Ivrea non ci dicono

(1) *Studii geologici sulle Alpi occidentali*, pag. 5.

(2) Loc. cit. pag. 56.

niente di nuovo, poichè i paleontologi italiani riconobbero sempre che se nel pliocene inferiore si trovano alcune specie di molluschi che conservano ancora il tipo miocenico, furono del pari unanimi nel ravvisare che molte specie, particolarmente degli strati superiori hanno le loro analoghe viventi nei mari attuali.

Quei lembi di sabbie marine racchiusi nell'anfiteatro morenico di Ivrea ai quali particolarmente si riferiscono le osservazioni del sig. GEIKIE, non possono disgiungersi dagli altri depositi pliocenici della valle del Po e del rimanente della penisola, poichè identici sono negli uni e negli altri i fossili, identica la loro posizione relativamente agli altri terreni, identica la natura delle rocce loro. Ed infatti se dall'anfiteatro di Ivrea discendiamo per la valle padana, troviamo, oltrepassata appena la Serra, altri lembi di identico terreno nel Biellese, a Valdengo e Masserano, e troviamo quindi lungo la Sesserà e la Sesia quelli di Crevacuore e di Valduggia, e più in là quelli di Boca e Maggiora, e più in là ancora altri ai piedi delle alpi lombarde e venete. Se dall'anfiteatro di Ivrea risaliamo in alto nella valle del Po ritroviamo lembi di identico terreno a Carignano, e quindi a Fossano, i quali, varcata la Stura di Cuneo, si confondono col pliocene dell'Astigiana, del Monferrato ecc. Tutti questi lembi sono disposti in modo da formare una serie di punti nei quali passa una curva di livello tracciata con geometrica precisione; è la spiaggia del mare pliocenico.

In pochi paesi v'ha, come in Italia uno sviluppo così colossale ed in pari tempo compiuto ed ordinato dei terreni più recenti, a partire dal cretaceo superiore sino alle torbiere. Esaminando le rocce di cui sono formati e gli esseri organici che quei terreni racchiudono si può

facilmente argomentare quali fossero i successivi cangiamenti di clima cui andò soggetto il nostro paese, quale nelle diverse epoche fu la forza dinamica delle acque che ne mutava man mano il rilievo.

La *Pietra-forte*, nella quale i geologi toscani scopersero una, relativamente ricca, fauna del cretaceo superiore è formata di sabbia e, qua e là anche di grossa ghiaja; vengono quindi le argille, i macigni ed i calcari dell'eocene coperti dai depositi lignitiferi del miocene inferiore (oligocene). In alcuni luoghi, nella valle del Tanaro ad esempio, lo strato di lignite è rinchiuso nella puddinga; questa roccia già ci indica un risveglio nella forza erosiva delle acque, la quale raggiunse il suo più alto grado quando si operò il trasporto dei successivi conglomerati a massi giganteschi, il cui deposito continuò sino al principio del miocene medio. In quest'ultima epoca la forza di erosione e di trasporto andava diminuendo e ce lo dicono i molti strati di ghiaja e di sabbia grossa e fine del miocene o molassa melia (colli di Torino, Apennino) coperta a sua volta da una potentissima serie di marne e di argille. È un deposito tranquillo ed in pari tempo estesissimo quello della zona dei gessi (dal piede delle Alpi marittime sino al centro della Sicilia) corrispondente all'orizzonte di Oeningen; nè meno tranquillo e per contro più esteso e più potente è quello delle marne e delle argille che formano il primo, il più antico orizzonte del pliocene. Su di esse si adagiano le sabbie gialle, opera di correnti marine per estensione immense, ma la cui velocità era poca e tale da non permettere di smuovere che sabbia e minuta ghiaia; d'onde provenisse tanta massa di sabbia silicea è ancora ignoto. L'orizzonte sabbioso del pliocene offre tuttavia qua e là alcuni letti di ciot-

toli talvolta cementati in puddinga, dei quali parleremo più sotto.

Ai depositi marini pliocenici fan seguito quelli, in massima parte fluviatili di grossa ghiaia, di sabbia marna ed argilla che racchiudono la ricca e ben nota fauna di proboscidei e di altri pachidermi. Il passaggio fra le sabbie marine e le fluviatili è in molti luoghi talmente graduato che non riesce facile se non ad un occhio esercitato l'afferrarlo. Le alluvioni plioceniche poi si trovano largamente sviluppate in Piemonte non solo, ma nella valle dell'Arno, in quella del Tevere ed in molte altre di minor importanza; ed infatti tutti i Musei d'Italia sono ricchi di ossami provenienti da quei depositi. Alle alluvioni plioceniche vengono a sovrapporsi altri strati di sabbia, di ghiaia e di argilla con ricca fauna di ruminanti assieme ai quali, in Piemonte, trovasi non infrequente l'*Arctomys*.

È cosa ben nota che il mare pliocenico penetrò entro gli sbocchi delle valli alpine, ove lasciò depositi che, durante l'epoca erratico-diluviale vennero in gran parte disfatti, esportati; e ciò dimostra che se la profondità di quelle valli ed il rilievo delle loro pareti sono in gran parte dovuti al lavoro dei ghiacciai, quelle valli tuttavia dovevano già essere aperte all'epoca pliocenica, anteriormente cioè all'epoca glaciale.

Il terreno pliocenico non ha banchi di conglomerato se non allo sbocco delle valli alpine ed apenniniche e quei conglomerati, sia per estensione che per potenza, che pel volume dei loro componenti riescono di lieve importanza se si paragonano vuoi a quelli dell'epoca erratico-diluviale, vuoi anche a quelli che attualmente si formano allo sbocco delle stesse valli. Ne viene quindi che quando il mare pliocenico lambiva il piede delle

Alpi e dell'Apennino non vi erano estesi ghiacciai su quelle, e rade e scarse erano su questo le piogge, giacchè poca forza possedevano le aque che da quei monti discendevano.

Arriviamo in ultimo ad un nuovo risveglio della forza erosiva delle aque. I torrenti alpini ed apenninici costruiscono al loro sbocco i conì di dejezione, depongono il terreno diluviale e quindi dalle valli principali delle Alpi discendono fin nella pianura del Po i ghiacciai ed ivi accumulano le loro ingenti morene. Quindi i ghiacciai lentamente si ritirano; diminuisce di intensità la forza erosiva dell'acqua, ed arriviamo per tal modo ai depositi alluviali moderni.

Il terreno diluviale ed il terreno erratico non ne formano che un solo, l'erratico-diluviale dovuto ad una lunga ed imponente manifestazione della forza dinamica dell'acqua la quale agiva sul suolo sia allo stato liquido che allo stato solido.

Dell'epoca erratico-diluviale abbiamo nella valle del Po varii ordini di tracce, positive le une, negative le altre. Sono tracce positive il deposito diluviale e le soprastanti morene ambedue dovuti alla crescente invasione dei ghiacciai; sono tracce negative le terrazze le quali ci indicano il lento e regolare regresso dei ghiacciai e la diminuzione della quantità di acqua fluente lungo i *thalweg* delle valli alpine ed apenniniche. Oltre a queste tracce ve ne sono ancora delle altre; voglio alludere ai bacini lacustri compresi entro il perimetro degli anfiteatri morenici, giacchè io non trovo che altra definizione convenir possa a quei bacini fuorchè questa, che cioè sono vani prodotti e lasciati dalla scarpa terminale degli antichi ghiacciai.

Non ho la pretensione di credere che i geologi debbano

accettare nelle sue particolarità questo mio modo di interpretare i più recenti fatti geologici che l'Italia ci offre ma non dubito di asserire che se mai il sig. GEIKIE avrà occasione di studiare il nostro terreno pliocenico, di vedere su quali depositi si adagia, da quali è a sua volta coperto, si persuaderà che egli diede prova di non comune coraggio scientifico quando volle ridurre quel terreno, manifestazione evidente e grandiosa di tutta un'epoca geologica, ad un deposito formatosi nell'intervallo di due periodi della glaciale.

Molto interessante è il parallelismo che si può istituire fra i terreni più recenti dell'Italia settentrionale e quelli della Svizzera; ma questo parallelismo non conviene spingerlo troppo oltre, giacchè si correrebbe rischio di cadere nell'esagerazione, dimenticando che fra la valle del Po e la parte superiore di quella del Rodano e di quella del Reno stanno le Alpi, e vi stavano già quando si depositarono i terreni terziarii (1).

Anche sul nostro versante alpino abbiamo combustibili fossili di epoca post-pliocenica. Essi constano ora di tron-

(1) Gli studii da me fatti nelle Alpi occidentali mi hanno convinto che i più antichi terreni cristallini di quelle montagne sono i gneiss granito-porfiroidi (gneiss ghiandone). Alcuni anni sono, sul versante meridionale della catena di colline — Moncalieri, Superga, Valenza — trovai un grosso masso di quel gneiss proveniente dagli strati di conglomerato miocenico dei dintorni di Cocconato. Fin dall'epoca miocenica adunque il gneiss antico formava notevoli rialzi nelle alpi; anche supponendo che quel masso siasi staccato dal più vicino massiccio di gneiss antico, quello di Vayez e Borgone nella valle di Susa, esso dovette percorrere una distanza di oltre sessanta chilometri. Del resto nei conglomerati miocenici del Piemonte si trovano detriti di tutte le rocce delle Alpi.

*Alpi occidentali
versante meridionale
Cocconato
Vayez e Borgone
Susa*

chi ridotti, in tutto od in parte allo stato di incipiente carbonizzazione e conservano quindi perfettamente la loro esterna ed interna struttura, solo mostrando di essere stati potentemente compressi e schiacciati (1); ora sono letti di sostanza vegetale che, ben si vede, erà stata ridotta allo stato di pasta, nella quale sono impigliati molti tronchi di albero, rami, foglie, strobili ecc., il che tutto indica antiche torbiere. Queste ligniti brune si trovano nei dintorni di Carignano, a Lanzo presso alla Stura, a Giffenga nella valle del Cervo, a Boca, Maggiore e via dicendo; certamente esse meriterebbero di essere studiate come lo furono quelle di Utznach e di Dürnten e la mancanza di esatte nozioni a loro riguardo ci fa tanto più sentire il desiderio di avere anche noi per la botanica fossile un uomo del valore e della attività del Prof. O. HEER.

Grande è l'influenza che esercita e che esercitar dovette all'epoca di cui ci occupiamo la presenza delle Alpi sulle climateriche condizioni dei due opposti versanti. Se esaminiamo i ghiacciai attuali troviamo sul versante nostro il ghiacciaio di Macugnaga dal quale esce l'Anza, quello che dà origine alla Sesia, quello della Lys, quello di Aias, quello del Saint Théodule, e nel gruppo del Monte Bianco, quelli della Brenva, del Miage e via dicendo. Ora tutti questi ghiacciai sono ghiacciai di secondo ordine se li paragoniamo al Görner-gletscher, a quelli di Ottemma, dell'Argentière, del Montanvert, a quelli in una parola che più o meno esattamente corrispondono ai nostri sull'opposto versante delle Alpi. Il ghiacciaio del Rutor nelle

(1) Un disco tagliato da uno di quei tronchi misura 0^m,20 in un senso e solo 0^m,05 nel senso in cui venne schiacciato ed ha più di 60 anelli di annua cresciuta.

Graie, il quale supera forse in vastità tutti i nostri ghiacciai sovra nominati, è anch'esso un ghiacciaio di secondo ordine se lo paragoniamo a quello dell'Aar, a quello di Aletsch ecc.

La maggior estensione dei ghiacciai svizzeri e savoiardi relativamente ai nostri, è dovuta al diverso rilievo del versante opposto, alla orientazione; ora queste differenze già esistevano all'epoca erratico-diluviale, ed infatti per quanto grandiose siano le antiche morene delle valli della Riparia, della Baltea, del Ticino, dell'Adda, dell'Adige ecc., ben più colossali sono quelle delle valli del Rodano e del Reno.

Ed è forse in vista di queste considerazioni che il sig. HEER non diede ai depositi interglaciali della Svizzera l'importanza che loro volle dare il sig. GEIKIE e non si preoccupò di sapere se tali depositi hanno i loro corrispondenti sul versante italiano delle Alpi.

Non dubito punto che alcuni fra i più colossali degli antichi ghiacciai della Svizzera abbiano avuto durante l'epoca glaciale due periodi di massima estensione separati da un periodo di regresso, ma non trovo tanto facilmente ragioni per convincermi che durante quel periodo di regresso il clima della Svizzera siasi di tanto reso mite da divenire come ce lo dice il sig. HEER eguale, simile a quello oggidì regnante in quel paese.

Giacchè è su considerazioni di ordine botanico che egli si basa per emettere quella sua asserzione, ed io sono profano affatto alla gentile scienza di Flora, cadrei nel ridicolo se intavolassi con lui una discussione botanica; mi limiterò quindi ad esporre alcune osservazioni da me fatte colle elementarissime nozioni che possedo sulla nostra flora forestale.

Ebbi sovente occasione di esaminare parecchie delle nostre torbiere e quelle particolarmente esistenti sulle antiche morene. Estraeendo la torba si scoprono molti tronchi di albero ed osservai che negli strati superficiali questi alberi non differiscono da quelli che ora crescono sulle sponde delle torbiere e formano la flora forestale dei dintorni come quercie, alni, noccioli, cornalini ecc. Per contro si scoprono negli strati inferiori molti tronchi di conifere e particolarmente di larice ben caratterizzati da una quantità stragrande di strobili. Il larice più non vegeta spontaneamente in quelle regioni e tuttavia i suoi tronchi sono talvolta così frequenti che i braccianti occupati alla estrazione della torba per spiegare la presenza loro ricorrono al diluvio, dicono cioè che discesero dalle Alpi all'epoca delle grandi aque, quando l'arca di Noè navigava sulla superficie della terra. Quella successione di piante ci indica l'esistenza di due distinte flore; la prima, la inferiore, risale all'epoca in cui i ghiacciai si ritiravano e lasciavano libero il terreno alle conifere; la seconda di alberi tuttora viventi nei dintorni i quali presero possesso del suolo man mano che, fattosi più mite il clima, la prima flora era a sua volta costretta di cedere il campo e di ritirarsi verso le Alpi. Questa successione di flore ha certamente richiesto un tempo non minore di quello che il sig. HEER reclama per la formazione delle ligniti di Hutznach.

Le nostre torbiere hanno da 3 a 5 metri di grossezza. Supponiamo che una di esse venga ricoperta da un letto di alluvione di parecchi metri di grossezza, ciò che accadde alla antica torbiera di Leffe (Gandino). Schiacciata dal peso della sovrastante alluvione, la grossezza della torbiera verrà ridotta a 50 o 60 centimetri ed intanto il letto di torba su-

birà quel primo grado di carbonizzazione che presentano le ligniti recenti. Poniamo ora che ridotta in tale stato una di quelle torbiere venga ad essere studiata da un botanico; potrà egli accorgersi, accertarsi che in quel sottile strato di lignite vi sono i resti di due flore distinte? Difficilmente. E se quel botanico forzato dalla prepotenza delle sue cognizioni, vorrà spingere le sue deduzioni fino a fissare la temperatura media del luogo in cui crebbero le piante formanti quel sottile strato di combustibile fossile, egli correrà rischio di sommare assieme due temperature medie, od in altri termini due quantità di ordine diverso e quindi non passibili di essere sommate.

Mi si potrebbe osservare che in questo caso la presenza delle conifere tenderebbe ad abbassare, a diminuire la cifra dei gradi di temperatura anzichè ad elevarla. Ciò è vero: ma il caso opposto può anche aver luogo. Nelle nostre torbiere è la flora di più freddo clima che sta al di sotto, ed è quella di clima più mite che sta al di sopra; ma potrebbe presentarsi una disposizione inversa. Potrebbe cioè accadere che a Dürnten e ad Utznach fosse la flora pliocenica o pleistocenica che stesse al dissotto e che quella glaciale occupasse la parte superiore dello strato di combustibile, ed in questo caso non v'ha dubbio che la presenza della flora pliocenica o pleistocenica concorrerebbe ad accrescere la cifra dei gradi di temperatura media.

La flora forestale non cede facilmente il campo ad una nuova flora, anche quando le condizioni climatiche sono di non poco cangiate. Il suolo delle colline che si estendono fra Arona e Sesto Calende era, or son 20 anni, quasi tutto coperto di brughiera, in mezzo alla quale vegetava spontaneamente ma non rigogliosamente

la *betula* (1). Tutte le volte ch'io ebbi occasione di visitare quella regione, la presenza di quell'albero ch'io era solito a vedere nelle Alpi in mezzo ai faggi, ai pini ed agli abeti mi colpiva, ed io andava ripetendomi che quell'albero non era al suo posto. Non tardai però a rendermi ragione della sua presenza avendo visto nelle vicine torbiere gran quantità di tronchi dello stesso albero, taluni dei quali avevano dimensioni relativamente colossali (da 60 a 70 centimetri di diametro), mentre quelli viventi vedevansi decrepiti quando il loro diametro misurava 30 a 35 centimetri. Io quindi mi persuasi che le betule viventi erano i discendenti diretti di quelle che giacciono nella torba, e che se oggidì le prime si trovano fuori posto relativamente al clima, egli è perchè una volta vi prosperavano sotto clima più confacente, egli è perchè già erano in possesso del suolo. Non v'ha dubbio che se un botanico fosse portato di volo in quella regione ed ignorasse che a breve distanza vegetano e fioriscono in piena terra le camelie, le magnolie e l'*agave americana*, all'aspetto delle betule sarebbe indotto ad attribuirle un clima più rigido di quello che in realtà vi regni. Onde mi pare ragionevole il dubitare che si possa, dall'esame dei pochi vegetali cresciuti su determinate località arguire la temperatura media del paese del quale quelle località sono piccola parte.

Fra gli ultimi depositi pliocenici, quelli di sabbia gialla di origine marina e le antiche morene vi ha una serie di depositi che offrono allo studio particolari attrattive, ma che difficilmente — massime se si prendono a considerare in luoghi che di non poco distino dalle alpi — può suddividersi in orizzonti ben definiti, ben determinati.

(1) Oggidì la brughiera e la betula sono in gran parte scomparse in seguito al dissodamento del suolo ridotto a campi ed a vigneti.

Fra questi depositi ve ne ha tuttavia uno, il più antico, che offre caratteri bene spiccati sopra tutto per la sua fauna; è quello che trovasi a contatto colle sabbie marine. Esso venne da me distinto col nome di *alluvioni plioceniche*, non tanto perchè volessi riferirlo al pliocene, farne parte costituente di quel terreno, ma bensì per ben separarlo dalle *alluvioni antiche*, appellativo che da molti si dà al *diluvium*, ed anche per non chiamarlo semplicemente col nome di *alluvioni-post-plioceniche*, appellativo il quale a me sembrava di troppo generale.

Consta quel deposito di banchi di piccoli ciottoli, e di sabbie or grossolane or finissime, di marne e di argilla plastica, ed evidentemente si formò nell'alveo di un fiume fiancheggiato da estese paludi.

Ricchissima e singolare era in quell'epoca la fauna del nostro paese, giacchè in quel deposito, oltre a Rinoceronti ed Ippopotami troviamo sovente scheletri intieri o quasi di quattro specie di proboscidei, il *Mastodon arvernensis*, il *M. Borsoni*, l'*Elephas antiquus* e l'*E. meridionalis*.

Questi animali vivevano assieme nello stesso tempo e con essi vivevano altresì non poche specie di ruminanti, e per sopperire all'alimentazione di tal fatta di animali, occorreva una rigogliosa vegetazione, della quale però noi troviamo pochi resti in quelle alluvioni nelle quali incontriamo abbondantissimi i resti animali. Io mi domando quindi se le ligniti recenti di Carignano, di Lanzo, di Giffenga, di Boca e Maggiore, in Piemonte, e quelle di Lefte nel Bergamasco, tutte poste al piede delle alpi in località che dovevano essere favorevoli alla formazione delle torbiere, non siano le reliquie di quella vegetazione.

Il sig. HEER pone le ligniti di Lefte (Gandino) nel plio-

cene (1) a motivo della presenza della *Iuglans tephrodes*; parendomi poco esatta quella classificazione, pregai il collega CORNALIA a darmi il suo parere e quello del comune amico STOPPANI intorno alla età di quelle ligniti; ecco quanto egli mi scrive in proposito:

» Io ritengo, come tu ritieni, postpliocenico il bacino
 » di Leffe; tale lo ritiene anche STOPPANI. Il proboscideo
 » che vi trovai abbondante e l'*Elephas meridionalis*, che in-
 » vero è indicato come pliocenico, ma per errore, perchè
 » anche tutta la giacitura di quell'animale in Toscana
 » (Val d'Arno) è a torto ritenuta pliocenica; le deposi-
 » zioni che lo racchiudono poggiano sulle argille plio-
 » ceniche ma sono più recenti. Nella lignite di Leffe
 » trovai il Castore identico all'attuale; trovai un *Emys*
 » che è impossibile separare dalla *Cistudo europea*; vi si
 » trovano Cervi e Capre che evidentemente sono postplio-
 » ceniche L'*E. meridionalis* pare abbia durato di più
 » al mezzodi delle alpi ed anzi io sarei per credere che
 » gran parte degli ossami elefantini del Po a questa spe-
 » cie, piuttosto che all'*E. primigenius*, debbansi attribuire;
 » l'*E. primigenius* è invece assai raro fra noi ».

Le ligniti di Leffe, di Boca, di Giffenga, ecc., stanno alla base del diluvium e sono superiori al terreno pliocenico; in Svizzera non essendovi depositi pliocenici, quelle di Dürnten, di Utnach e di Vangen posano sulla mollassa (V. la figura data dal sig. HEER: *Le monde primitif* pag. 598). Le ligniti nostre e svizzere occupano adunque lo stesso livello, alla base del *diluvium* (2).

(1) Loc. cit., pag. 622.

(2) Osservando che sole le ligniti di Wetzikon e di Morschweil giacciono su terreno erratico il quale a sua volta deve poi coprire la mollassa; sapendo che anche in Svizzera vi è alla base del mio-

I bacini lacustri delle prealpi sono vani scavati nella roccia in posto o detritica dalla scarpa terminale degli antichi ghiacciai.

Quando eminenti geologi ci dicevano che i bacini lacustri sub-alpini sono dovuti a ripiegamenti o spostamenti di strati; che taluni di quei bacini sono laghi di barraggio altri a fondo di battello ecc. ecc., noi rispondevamo: notate che nella valle del Po i laghi sono racchiusi entro il perimetro degli anfiteatri morenici; notate che non vi ha alcun lago al di fuori di quegli anfiteatri, come non vi ha anfiteatro il quale non racchiuda uno o più laghi: e conchiudevamo che se gli anfiteatri morenici sono opera degli antichi ghiacciai, necessariamente devono anche essere diretta od indiretta opera degli stessi i bacini lacustri.

Ma gli eminenti geologi in discorso ribattevano dicendo: se i bacini lacustri furono scavati dagli antichi ghiacciai perchè non v'ha allo sbocco della Riparia e della Baltea un esteso lago come ve ne ha uno allo sbocco delle valli del Ticino, dell'Adda, dell'Adige e via dicendo? L'osservazione era grave e quantunque non distruggesse gli argomenti che militavano in favore della escavazione glaciale

cene o nell'eocene superiore un deposito di massi corrispondente a quello dei nostri conglomerati del miocene inferiore e che ciottoli del Nagelfluhe incontraronsi al disotto di alcune delle ligniti in discorso, mi permetto di chiedermi se quel terreno erratico non provenga dagli strati del terziario inferiore anzichè essere un deposito erratico post-pliocenico.

dei bacini lacustri, grandemente li infirmava. Alludendo a questa questione il sig. GEIKIE nella citata memoria scrive — « Professor Ramsay, in replying to his opponents, accounted for the absence of a great rock-basin, » within the vast moraines of Ivrea, by suggesting that » the glacier had not remained long enough to plough » out the river-gravels and marine sands over which it » moved. This suggestion appears far more pregnant now » than it did then. At the time of the controversy only » one continuons Age of Ice was believed in; and, admitting that the rock-basins of the Swiss lakes had been » hollowed out by glacial action, it did appear somewhat » anomalous that no similar rock-basins occurred in the » incoherent sand and gravel beds of the plains of Piedmont. But we know now that the cold of the glacial » epoch was interrupted not once only but several times, » by long-intervening periods of mild or warm conditions, » and therefore the scooping out of the lake basins could » not have been a continuous process. All that the last » great advance of the old glaciers could do would be » to deepen rock-basins which had been hollowed out » ages before, and slightly to erode valleys whose origin » dates back to times incalculably more remote than even » the dawn of the glacial epoch. If, during the last interglacial period, the lake-basins of the Alps had been » completely silted up, it is quite possible that the ice » of the succeeding cold period might non have been » able to clear them out again. But this interglacial period must needs have been very prolonged indeed, to » have allowed any of the larger swiss lakes to become » filled up with fluvatile sediment. What could not be » affected by streams and rivers, however, might yet be

» accomplished by the sea. If, while the last interglacial
 » period continued, and the elephant and its congeners
 » wandered along the sunny shores of Zurich and Con-
 » stance, the north of Italy happened to be submerged
 » to a depth of 800 (1) feet or thereby below its present
 » level, then it is conceivable that some of the great
 » rock-basins at the mouths of the alpine valleys might
 » become filled up with marine deposits ».

Già in altri miei scritti (2) aveva procurato di dimostrare che di fatto, sia allo sbocco della Riparia che a quello della Baltea vi era un lago sufficientemente esteso e quale lo comportava l'ampiezza del relativo anfiteatro morenico, lago che dovette poi essere, in tutto od in gran parte colmato dalle alluvioni postglaciali sia dell'uno che dell'altro di quei torrenti. L'antica ma non remota esistenza di quei laghi io la argomentava: 1° dalla regolarità grandissima del fondo dell'anfiteatro morenico; 2° dalla assenza assoluta di massi erratici su tutto quel fondo; 3° dalla natura dei depositi dei quali esso è formato, i quali ac-

(1) A parecchie riprese i geologi ricorsero a movimenti di suolo posteriori all'epoca erratico-diluviale per spiegare i fatti che si osservano sul fondo delle grandi valli aperte ai piedi di cospicue catene di monti. Vuolsi cercare la causa della formazione delle terrazze diluviali? è il fondo della valle che si è elevato ed ha costretto le acque del fiume o del torrente ad approfondire il proprio letto; vuolsi trovare il perchè della regolarità grandissima che ha il banco di ciottoli formante il fondo della valle? è il suolo che si è abbassato ed ha permesso al mare di inondare il fondo della valle. Ed ecco che il sig. GEIKIE ricorre ancora ad un abbassamento del suolo per ispiegare la formazione dei supposti depositi interglaciali. Tutto ben pesato parmi che la vecchia valle del Po e la corrispondente parte della catena alpina non siensi adattate a tali oscillazioni.

(2) Sulla riescauzione dei bacini lacustri. Milano, 1865. — Scandagli dei laghi del Moncenisio, di Avigliana, di Trana e di Mergozzo. Torino, 1868.

cennano ad una lenta alluvione simile a quella attuale della Riparia e della Baltea.

Oggidi, dopo di aver diligentemente percorso tutte le valli delle alpi piemontesi, parmi di essere arrivato a rendermi ragione dell'attuale assenza di un ampio lago, sia allo sbocco della Riparia che della Baltea e la soluzione da me trovata risulta essere tutta in favore della teoria del Prof. RAMSAY.

Prima di esporla devo premettere che parecchi anni sono percorrendo in tutti i sensi le tre valli della Stura ebbi a notare, ad altezze che variano fra i 2 ed i 3000 metri certi vani, anfiteatri o circhi ampissimi che ordinariamente hanno la forma di un seggiolone o quella più allungata di un sofà. Il dosso del seggiolone, a pareti quasi perpendicolari, è tagliato nella piramide dominante; i due braccioli o fianchi sono raffigurati dagli spigoli che discendono dalla punta della piramide, e la parte che raffigurerebbe la base, compresa fra le gambe del seggiolone, è formata dal pendio molto inclinato della montagna, la superficie del quale è in generale arrotondata e qua e là coperta di lembi morenici.

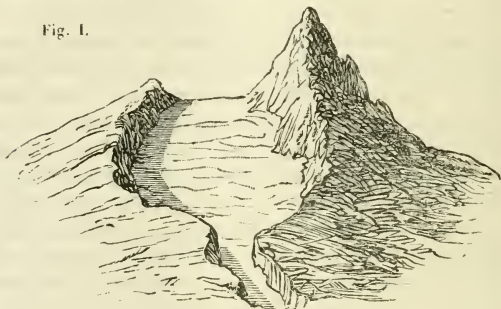
Era intenzione mia segnalare questi vani o circhi, descriverli, chiamare su di essi l'attenzione dei geologi, ma non potei farlo per mancanza di adatti disegni. Vedendo tuttavia che il sig. T. G. BONNEY mi aveva prevenuto pubblicando (1) alcuni fatti dello stesso genere da lui osservati in altre regioni delle Alpi, mi proposi di ripetere e più attentamente ancora nella campagna geologica dello scorso anno 1872 le osservazioni mie in un'altra delle nostre valli alpine.

Percorrendo passo a passo la parte superiore della valle

(1) The quarterly journal of the Geological Society of London, N° 107, 1871.

della Riparia notai uno di questi vasti circhi aperto sul pendio occidentale della punta del Séguret. La forma del vano è così spiccata che colpisce l'occhio di chi la osserva da un luogo elevato e posto a qualche distanza da quell'anfiteatro; quindi io potei farne schizzi presi da diversi punti di vista fra i quali scelsi quello riprodotto nella seguente figura (1).

Fig. I.

**Comba del Séguret.**

(Alpi Cozie).

A proposito di questo circo trovo scritto sul mio taccuino: « Dalla cappella di *N. D. des broussailles* rivedo chiaramente la comba od antico letto del ghiacciaio che discendeva dal lato O. del Séguret e quindi girava verso Sud per scaricarsi nella valle della Riparia in faccia ad Oulx. La sponda destra della comba descrive una bella curva tracciata da un'alta e scoscesa ripa, e la sponda sinistra è formata dal regolare pendio della piramide del Séguret; il fondo della comba è tutto a

(1) Questa e le seguenti figure le devo alla cortesia del sig. Bossoli il quale volle rivestire di artistici tratteggi i miei informi disegni.

» schiene arrotondate. Il ghiacciaio doveva terminare in
 » basso entro un canale profondamente incassato nella
 » roccia, pel quale oggidì discende il rio della Baume ». Aggiungerò che la punta del Séguret è di calcare, e probabilmente di quello cui i geologi francesi danno il nome di *calcaire du Briançonnais*, e noi, di *calcare del Chaberton*; per contro la parte superiore della comba e della sua parete destra è tagliata nel sottostante calcescisto.

Nei valloni profondamente incassati nella parete sinistra della parte superiore della remota valle di *Sauze de Césanne*, per la quale discende il più lungo ramo della Riparia, si trovano ancora alcuni piccoli ghiacciai, il più considerevole dei quali giace in un ampio anfiteatro aperto sul pendio nordico del *Bec del Balmas*.

Questo ghiacciaio è raffigurato sulla carta dello Stato Maggiore alla scala di $\frac{1}{50000}$ ma non porta nome; io lo chiamerò quindi il ghiacciaio del *Balmas*.

Fig. II.



Becco e ghiacciaio del Balmas.

(Alpi Cozie).

n. nevato - g. ghiacciaio - c. comba di antico ghiacciaio - b. calcescisto.

Ivi l'anfiteatro ha la forma caratteristica che paragonai a quella di un seggiolone, termina cioè in fondo, colla falda scoscesa della piramide ed ha lateralmente le coste che discendono dalla punta; il circo principale contiene ancora un piccolo ghiacciaio, ma accanto vi ha altro circo (c) libero affatto dalla presenza della massa ghiacciata e la di lui forma, non meno caratteristica, è quella di un incavo oblungo fiancheggiato da pareti scoscese, disposte in curve ora divergenti ora convergenti. Come al Séguret, la piramide del Balmas è di calcare del Chaberton, mentre la falda inferiore (b) della montagna è formata del già citato calcescisto col quale alternano banchi regolari di serpentino.

Continuando a risalire la quasi deserta valle si nota che la sua parete destra discende con non rapido pendio e non offre profondi burroni se non al piede della Rognousa. Questa parete non è tagliata che da tre colli; il *passo di San Giacomo*, il colle del *Clapis* (1), e nella parte sua estrema, vale a dire verso la punta Vergia, dal colle di *Rodoretto*. La parete sinistra per contro è scoscesa, tagliata quasi a picco e solcata da profondi valloni. All'alpe l'Argentera la valle si biforca; nel ramo principale lungo ed ampio si aprono: il colle della Mait pel quale si discende in Francia; quello del Gran Miol pel quale si discende nella valle di Prali o di San Martino; per l'altro ramo, estremamente angusto, fiancheggiato da pareti quasi

(1) Da questo colle discende verso la Riparia un grosso banco di eufotide il quale racchiude serpentino, serpentino-diallagico, clorite, pietra ollare ed altre varietà delle così dette *pietre-verdi*. La roccia si rompe in grossi e poliedrici massi i quali porgono il destro a chi deve attraversare quel banco di fare un po' di ginnastica. Il colle prende nome da quell'ammasso di rottami (*clapier* in francese, *ciapé* in piemontese, onde *ciapis*, *clapis*, ecc.).

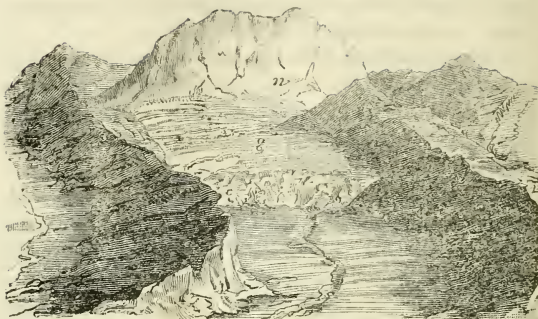
verticali e solcate dalla valanga si arriva al colle di Rodoretto d'onde si discende al paese dello stesso nome posto un po' a valle di Prali (1).

Al disopra dell'Argentera, in tutta quella molto estesa ed estrema parte della valle della Riparia, non vi sono più ghiacciai, ma solo grandi accumuli di neve formati dalle lavine, i quali per lo più scompaiono affatto nell'autunno.

Però nella parte più elevata dei già citati valloni scavati sulla sinistra della valle tra l'Argentera e Sauze de Césanne vedonsi alcune masse di nevato che probabilmente celano piccoli ghiacciai; nell'ultimo poi degli accennati valloni, in quello che si apre accanto al colle detto della Mait (2) vi ha un vero ghiacciaio, ridotto però a piccole proporzioni. Esso giace in un profondo burrone scavato nella falda N. E. della punta della Ramière; questo ghiacciaio non è indicato sulla carta dello Stato Maggiore.

(1) Nel vallone di Rodoretto, tra il colle di questo nome e quello della Valletta pare vi sia un ghiacciaio di estensione relativamente notevole, il quale però non è indicato sulla citata carta dello Stato Maggiore.

(2) Nella valle del Po e nelle adiacenti i valloni a forma di regolari cunicoli chiamansi combe o *Mait*, vale a dire madie.



Punta e ghiacciaio della Ramière.

(Alpi Cozie).

n. nevato - g. ghiacciaio.

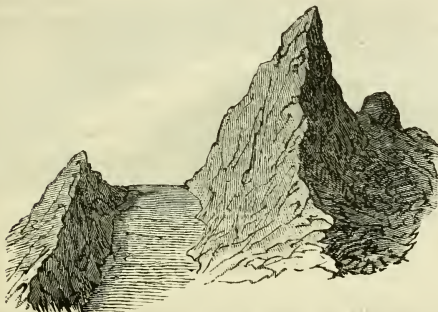
Anche qui la forma del cunicolo è caratteristica; esso termina al piede della stagliata falda della piramide ed è fiancheggiato da alte e scoscese pareti, le quali nel loro andamento ondulatorio ora si allontanano ora si avvicinano.

La punta della Ramière ed il cunicolo che contiene il ghiacciaio sono intieramente tagliati in quella enorme zona di calcescisto, la quale dalla estremità superiore della valle della Riparia discende verso Susa protendendosi di molto nella galleria del Fréjus e serve di base agli strati di arenaria antracitifera, di gesso e di carniola nonchè agli strati del calcare del Chaberton. Questa roccia relativamente per sè resistente, lo è tanto più quando racchiude lenti estese e grosse di calcare cristallino, di serpentino e di eufotide, onde la presenza nel calcescisto di un cunicolo del genere di quelli già superiormente

descritti esclude l'idea che quei vani o circhi o cunicoli si trovino esclusivamente nelle rocce calcaree od al contatto di esse con altre di diversa natura.

Da quasi tutti i colli che mettono in comunicazione l'alta valle della Riparia col territorio francese si vede una punta fiancheggiata da un cunicolo la quale porta il nome di *pointe de roche noire*, e si trova all'Est del colle d'Izoire al sommo della valle di Cervière. Punta e cunicolo riproducono quasi esattamente la disposizione e configurazione che già notammo al Séguret.

Fig. IV.



Comba e punta d'Izoire.

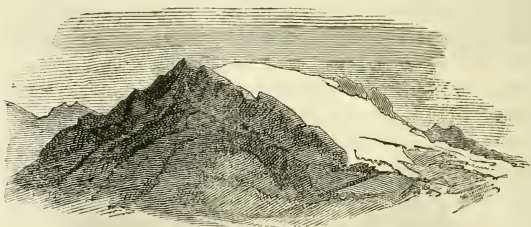
(Valle di Cervière [Francia]).

Citerò ancora il ghiacciaio di *Servin* che si trova in faccia a Balme nell'alta valle di Ala. Esso giace al piede Nord della piramide del *Servin* in un cunicolo molto allungato relativamente alla sua larghezza, ed essendo altresì fiancheggiato da alte e dirupate pareti prende la figura del vano di un sofà. Piramide e cunicolo sono scavati

entro un scisto formato di feldspato granoso e di anfibolo aciculare, roccia cui nella carta geologica che ho fatta di quella e delle adiacenti valli ho dovuto dare il nome di scisto dioritico (1). Potrei altresì citare nelle stesse valli il ghiacciaio del Collarin, quello del Collarin d'Arnas, quello di Sea, i quali tutti occupano cunicoli scavati quasi intieramente nella stessa roccia (2).

Finalmente pongo ancora qui uno schizzo del ghiacciaio di Bard (gruppo del Moncenisio) quale si vede da Torino.

Fig. V.



Ghiacciaio di Bard.

(Moncenisio).

(1) Una varietà di questa roccia formata di feldspato granoso e di mica-verde fu descritta dal Prof. G. STRÖVER col nome di Ovardite, perchè di essa consta il massiccio della Torre d'Ovarda che si trova accanto a quello del *Servin*. Vedi *Una salita alla Torre d'Ovarda*, Torino 1873.

(2) Non posso omettere di citare altresì un piccolo ghiacciaio relativamente lungo e stretto che trovasi al piede N. E. della piramide del Monviso nell'alta valle del Po entro ad un vano scavato nel serpentino e nella eufotide. Esso non figura sulla carta dello Stato Maggiore ed è poco noto; visitai molti anni or sono e percorsi in tutti i sensi questo ghiacciaio, pericoloso per la quantità di massi di pietra e di ghiaccio che cadono sul suo dosso dalle

Questo ghiacciaio nella tarda estate si scorge da tre lati inquadrato in una cornice di roccia nerastra (micascisto), terminare in lembi acuti sul quarto; pare una larga pelle di bue incalcinata e distesa su un piano inclinato. Non dubito però che il ghiacciaio anzichè essere una lamina più o meno grossa, più o meno regolare, non sia rigonfio al disotto, nè dubito che la cornice di rocce dalla quale è inquadrato non sia l'orlo superiore di un profondo anfiteatro a pareti scoscese.

Tutti questi ghiacciai di secondo ordine sono animati da un movimento pari a quello cui soggiace una persona seduta sopra un cuscino inclinato sul quale le parti più arrotondate del corpo strisciano lentamente, ciò che la obbliga a rialzarsi di tanto in tanto per riprendere la primitiva posizione. Ma lo strisciamento mentre da una parte è causa del consumarsi che fa la stoffa del cuscino, ne raduna tutte le pieghe verso il margine inferiore, del pari che al disotto del ghiacciaio al margine suo inferiore troviamo la massa dei detriti da lui spostati.

I circhi, gli anfiteatri, i cunicoli che abbiamo descritti e figurati non si incontrano ovunque ma solo là ove le condizioni di altitudine e di orientazione permisero agli antichi ghiacciai di mantenersi per lungo tempo dopo di essersi ritirati dalle valli; ond'io credo che quei vani a forma di circhi, di anfiteatri e di cunicoli non preesistessero ai ghiacciai, ma furono dai ghiacciai stessi in tutto od in gran parte almeno scavati. Sono altresì d'opi-

sovrastanti piramidi, e parmi poter affermare che esso è la vera sorgente del Po. Mi parve cioè che le acque scaturienti da quel ghiacciaio discendano, nascoste sotto ad ingenti rovine, sino al Pian del Re ove sgorgano in massa dando luogo alla grossa polla ritenuta per la sorgente del nostro maggior fiume.

nione che molti circhi i quali si aprono ad altitudini inferiori come ad esempio il piano di San Nicola nel massiccio del Moncenisio, il piano di Usseglio e quello della Mussa nelle valli di Lanzo, ecc. ecc. sono dovuti alla stessa azione degli antichi ghiacciai. Ne' miei *Studi geologici sulle Alpi occidentali* ho dato una proiezione prospettica (Tav. V) della geologia della Ciamarella nella quale si vede che la parte superiore di quel monte è tutta di calcescisto. Ora se si guarda la Ciamarella dal piano o circo della Mussa, la sua parete superiore presenta lo stesso genere di erosioni che notansi nella fig. I (Circo di Rothstock) che il sig. BONNEY ci dà nella citata Memoria (1) onde il nome di *Monte delle lancie* o *delle punte* che si dà alla Ciamarella nell'alta valle di Ala. Queste erosioni sono recenti e dovute all'azione che esercita sulla roccia calcarea l'acqua di ablazione del sovrastante ghiacciaio; ma la escavazione del piano della Mussa nei banchi di scisto dioritico che formano la base della Ciamarella è dovuta alla presenza dell'antico ghiacciaio. Il piano della Mussa, anfiteatro vastissimo, si restringe bensì tra *Testa-ciarva* e *Rocca-nera* là ove il serpentino e l'eufotide si sostituiscono al scisto dioritico, ma non cessa di avere alte e scoscese pareti tagliate dall'azione erodente del ghiacciaio, fatto che evidentemente emerge dalla frequenza ed ampiezza delle aree arrotondate, levigate e striate che si osservano su quelle pareti.

Ora che abbiamo visto ciò che i ghiacciai fecero e tuttora, ma in piccola scala, fanno sulle elevate pendici delle Alpi, veniamo più in basso, al margine inferiore della catena.

(1) Journal of the geological Society of London, 1871, pag. 315.

Osserviamo ivi che in generale è stretto l'adito pel quale le nostre valli alpine si aprono nella pianura del Po e che in ciò distinguonsi soprattutto la valle della Baltea, quella della Stura di Lanzo e quella della Riparia. La lunghezza di quest'ultima valle, a partire dal colle del Gran Miol sino a Sant'Ambrogio ove essa sbocca nella pianura è di circa 90 chilometri; quella valle è inoltre considerevolmente estesa, diramandosi sul suo lato sinistro in una serie di altre valli di non lieve importanza dal lato orografico; tuttavia a Sant'Ambrogio essa non ha che da 800 a 900 metri di larghezza. Men lunga è quella della Stura di Lanzo, ma essa si suddivide in tre altre valli le quali discendono da gruppi rimarchevoli per la loro massa ed altitudine quali il Rocciamellone, la Torre d'Ovarda, la Croce rossa, l'Uja di Bessans, la Ciamarella, la Levanna, ecc. Ora la larghezza della valle della Stura di Lanzo al suo sbocco, non supera di molto quella della luce del ponte che l'attraversa e forse non oltrepassa i 100 metri. L'esame geologico della località mette in chiaro che la gola per la quale esce il torrente fu scavata dal torrente stesso; e la erosione è in lavoro continuo poichè nell'alveo del torrente, al disotto del ponte vedesi una larga e profonda *marmitte de géants*.

Tutti conoscono la lunghezza, la estensione della valle di Aosta, la quale non ha al suo sbocco che un chilometro circa di larghezza.

Quale è la cagione di un fatto di tanto rilievo ed in pari tempo così spiccante?

L'esperienza che acquistai percorrendo da molti anni le nostre Alpi dalla valle del Toce sino a quella della Scrivia mi convinse che tutte le rocce calcaree come altresì le feldspatiche, graniti, porfidi, gneiss, ecc., si al-

terano facilmente sotto l'azione atmosferica e dell'acqua sia allo stato liquido che allo stato solido, producendo per la loro alterazione, scomposizione e sfacelo un'enorme quantità di detriti, fra i quali se ve ne sono non pochi di grandi dimensioni, la maggior parte ha dimensioni tenuissime. Osservai per contro che le rocce le quali meglio resistono a quegli agenti sono i serpentini, le eufotidi, le dioriti, le anfiboliti, i scisti anfibolici, cloritici, ecc. Queste rocce quando si trovano in masse imponenti vanno soggette a scoscendimenti, a lavine, le quali però sono formate di grossi detriti o blocchi; tali detriti conservano i loro spigoli, nè in generale si sfacelano e non producono quindi che poco suolo mobile. Onde le regioni a suolo di granito, di porfido, di gneiss sono ricche di terriccio, ubertose, fertili; quelle a suolo di serpentino, di eufotide, di diorite sono povere di terriccio e nella massima parte dei casi sterili e brulle. I picchi alpini più difficili a salirsi, le punte più ardite e più stagliate le quali, slanciate nel vano, si staccano dalla men elevata massa della montagna, come il Gran Cervino, la Grivola, il Viso, l'Uja di Bessans, l'Uja di Mondrone, ecc. sono in tutto od in gran parte formate di queste rocce; egli è vero che il Monte Bianco, il Rosa, ecc., i quali sono granitici si elevano ancora più in alto, ma essi formano gruppi colossali, mentre gli altri sono punte, piramidi isolate prodotte dallo sfasciarsi dei loro fianchi.

Queste rocce dioritiche, serpentinose, eufotiche, ed in altri termini queste *pietre verdi* sono lungi, conviene anche ripeterlo, dall'essere rocce eruttive; io potei esaminarle e studiarle su una lunghezza di oltre 100 chilometri dalla valle del Toce a quella del Chisone e del Po e vidi che esse sono disposte in zone, in nastri che

circondano i massicci di *gneiss antico*. Ne viene quindi che il Monviso, il quale per il signor di BEAUMONT è un centro di sollevamento, non è a mio parere che un banco di serpentino e di eufotide il quale resistette all'alterazione atmosferica, ed i cui fianchi stagliati, scarnati, divelti dalle lavine ne fecero una delle più belle e più spiccanti piramidi delle Alpi.

Queste *pietre verdi* non sono una roccia esclusiva delle Alpi ma, sotto diversissimi aspetti sempre le stesse, si incontrano in moltissime altre regioni del globo e sono la giacitura primaria (1) dei minerali di rame; ovunque appartengono alla stessa epoca, ricoprono cioè le più antiche rocce cristalline, il *gneiss granitico* o *ghiandone* e servono a lor volta di base ai terreni paleozoici.

Nelle Alpi lombarde e venete le *pietre verdi* non si incontrano che verso la parte centrale della catena ove formano una zona diretta E. O., ma a partire dal gruppo del San Gottardo quella zona descrive un arco e si porta verso il Sud; per tal modo, in Piemonte le anfiboliti, le dioriti, le eufotidi, le serpentine si trovano formare la base delle Alpi e sono direttamente ricoperte dai terreni pliocenici ed erratico-diluviali.

Ne viene quindi che la zona dioritica la quale dalle Leponzie si protende verso il Sud tenendosi a monte del Lago Maggiore, discende a tagliare la valle di Aosta ad Andrate, Chiaverano, Ivrea, Colleretto Parella e Fiorano;

(1) I minerali di rame vuoi calcopirite, vuoi bornite, vuoi fahlerz, vuoi redruthite, vuoi cuprite, vuoi rame nativo, che si incontrano nei terreni triassici ed anche nei terreni eocenici (calcare alberese, argille scagliose dell'Apennino) sono di giacitura secondaria, sono cioè minerali che provengono dalle adiacenti o non lontane masse serpentinosi.

e che la zona eufotico-serpentinosa la quale più in alto si sostituisce alla dioritica taglia la valle della Riparia a Casellette, Avigliana e Sant'Ambrogio, ed è alla presenza di tali zone le quali potentemente resistettero alla alterazione atmosferica ed alla forza erosiva dei ghiacciai che si deve attribuire il restringersi che quelle valli fanno al loro sbocco.

Il ghiacciaio dell'Adige, quello del Toce e dell'Adda al loro giungere nella valle del Po erosero facilmente il granito (vedasi l'ampiezza del vano di erosione aperto tra Baveno e Mont'Orfano), il gneiss, il micascisto, il porfido, il calcare; i ghiacciai del Rodano e del Reno trovarono al loro sbocco rocce ancora meno resistenti, e quindi tutti quei ghiacciai scavarono vasti e profondi bacini. I ghiacciai della Baltea e della Riparia trovarono al loro sbocco nella pianura larghe zone di rocce che loro opponevano tenace resistenza e non poterono quindi scavare profondi bacini; gli antichi laghi di Rivoli e di Ivrea relativamente stretti e poco profondi poterono essere facilmente ricolmati in tutto od in parte dalle susseguenti alluvioni della Riparia e della Baltea.

Lo sbocco della valle della Stura di Lanzo è sbarrato a sua volta da una zona di eufotide e di serpentino; ivi però il ghiacciaio non escì nella pianura del Po, ma le sue aque di ablazione sboccando con impeto dalla stretta apertura della valle dovettero nei giorni estivi elevare di molto il pelo loro e formarono quindi il magnifico e colossale cono di deiezione il quale da Lanzo si protende fino al Po.

CONCLUSIONE.

I lembi di terreno marino conchigliifero che si trovano nell'interno dell'anfiteatro morenico di Ivrea sono pliocenici ed il pliocene è terreno terziario e non interglaciale.

I depositi interglaciali della Svizzera non costituiscono un terreno, ma al più una accidentalità dovuta alle condizioni orografiche e climateriche speciali a quel paese.

L'assenza di grandi laghi allo sbocco della Baltea e della Riparia prova solo che il ghiaccio come l'acqua intacca difficilmente le *pietre verdi* ed indirettamente dimostra che i ghiacciai hanno scavato i bacini lacustri.



